

Verfahren zum Prüfen oder Kalibrieren der winkelabhängigen  
Ausrichtung eines hochpräzisen Prüflings

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen oder  
5 Kalibrieren der winkelabhängigen Ausrichtung eines  
hochpräzisen Prüflings.

Zum Prüfen oder Kalibrieren von Hochpräzisionsteilen, die  
entweder zur hochgenauen Messung, Überprüfung oder Vorgabe von  
10 Winkeln mit einer Präzision bis unter 0,5" bzw. 0,15 mgon  
dienen, oder allgemein hochgenaue Winkelausrichtungen  
erfordern, werden höchstpräzise Prüf- oder  
Kalibriervorrichtungen benötigt, deren Genauigkeit noch höher  
liegen muss als die der zu prüfenden oder kalibrierenden  
15 hochpräzisen Prüflinge.

Insbesondere zum Prüfen oder Kalibrieren eines Theodolits, bei  
dem ein Horizontal- und ein Vertikalwinkel durch -  
beispielsweise statische oder dynamische - Winkelabgriffe  
20 bestimmt werden; sind unterschiedliche Vorrichtungen und  
Verfahren aus dem Stand der Technik bekannt.

Bei einem klassischen, seit längerem bekannten Theodoliten-  
Winkelabgriffsprüfverfahren wird von einem fixen Standpunkt  
25 aus manuell mit dem Theodolit-Fernrohr auf mehrere  
feststehende, um den Standpunkt verteilte Kollimatoren  
gezielt. Dabei wird die Konstanz der Winkeldifferenzen,  
gemessen an verschiedenen Kreisstellen des Prüflings, als Mass  
für die horizontale Winkelmessgenauigkeit verwendet. Für die  
30 vertikale Messgenauigkeit werden die  
Kollimatorwinkeldifferenzen mit den Sollwerten verglichen.  
Teilkreisprüfgeräte zur Durchführung eines derartigen  
Teilkreisprüfverfahrens sind bekannt (z.B. Geräte PRUTE und  
PRUFO der Fa. F.W. Breithaupt & Sohn). Derartige Verfahren

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Winkelabgriff am Teilkreis mit einem entsprechend genauen Winkelnormal, beispielsweise interferometrisch oder mittels eines Präzisionsteilkreises, verglichen wird. Unterschiedliche Vorrichtungen dieser Art, die beispielsweise in der

5 Physikalischen Technischen Bundesanstalt (Prowe, B.: Untersuchungen an einem neuen Teilkreisprüfgerät; Feinwerktechnik & Messtechnik, Heft 5, 1985, S. 213-217) oder am Zentralinstitut für Physik der Erde (Weise, H. & Quart, W.: Eine vollautomatische Messanlage zur Prüfung von

10 Kreisteilungen; Feingerätetechnik, Heft 4, 1975, S. 155-160) eingesetzt werden, oder weitere Vorrichtungen zur Prüfung von Teilkreisteilungen, z.B. aus CH 372847 oder CH 372471, sind aus dem Stand der Technik bekannt. Bei diesen Verfahren und Vorrichtungen ist jedoch keine Winkelabgriffsprüfung eines

15 fertig montierten Theodolits sondern lediglich die Prüfung eines ausgebauten Teilkreises möglich. Ausserdem sei auf die ISO - Norm 17123-3 (Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments) oder die DIN 18723, Teil 3 (Feldverfahren zur

20 Genauigkeitsuntersuchung geodätischer Instrumente) verwiesen.

Eine Vorrichtung und eine Verfahren zum vollautomatischen Prüfen und Kalibrieren eines Theodolits, eines Tachymeters

25 oder einer Totalstation, im Folgenden mit dem Begriff „Theodolit“ zusammengefasst, ist aus dem Stand der Technik bekannt. Diese so genannte „Theodolitenprüfmaschine“ wird beispielsweise detailliert in dem Beitrag „TPM - Ein neues Gerät zur vollautomatischen Prüfung von Teilkreisen in

30 elektronischen Theodoliten“ von Hilmar Ingensand zum X. Internationalen Kurs für Ingenieurvermessung an der Technischen Universität München vom 12.-17.9.1988 und in der Diplomarbeit „Kalibriereinrichtung für Theodoliten“ von Andreas Rützler, ausgeführt am Institut für allgemeine

Die bekannte Theodolitenprüfmaschine, die auf dem in Fig. 1 dargestellten Komparatorkonzept basiert, verfolgt den Gedanken eines „Theodolits im Theodolit“. Das Achssystem der Theodolitenprüfmaschine entspricht somit geometrisch dem des zu prüfenden Theodolits, so dass ein im Wesentlichen gemeinsames Achssystem mit einer Vertikalachse 101 und einer Horizontalachse 102 entsteht. Der Theodolit ist symbolhaft in Form einer Alhidade 103, die um die Vertikalachse 101 gegenüber einem Unterteil 104 des Theodolits drehbar ist, und eines um die Horizontalachse 102 kippbaren Fernrohrs 105 mit einer Zielachse 106 dargestellt. Da eine absolute Zentrierung der Achssysteme des zu prüfenden Theodolits und der Theodolitenprüfmaschine ausgeschlossen ist, werden die Winkelmesssysteme, das Normal der Theodolitenprüfmaschine und der Winkelabgriff des Theodolits über Autokollimation mittels eines um die Horizontalachse 102 schwenkbaren Autokollimators 107 gekoppelt. Die Kopplung erfolgt mittels eines kollimierten Strahlenbündels 113 über einen auf dem Fernrohr 105 fixierten planen Aufsatzspiegel 108. Da die Theodolitenprüfmaschine sowie der Theodolit die Rechtwinkelbedingung der Achsen (101, 102, 106) erfüllt, sind alle Achssysteme in der Autokollimationseinstellung kollinear. Bedingt durch den Aufbau von Theodoliten ist der Ablauf der Horizontal- und Vertikalprüfung unterschiedlich. Bei der Horizontalprüfung bleibt die Alhidade 103 des zu prüfenden Theodolits weitgehend fixiert und das Unterteil 104, das mechanisch mit der Winkelnormal verbunden ist, wird um die Vertikalachse 101 gedreht. Nach einer Grobeinstellung des Prüfwinkels durch Drehen des Unterteils 104 des Theodolits gegenüber der weitgehend unbewegten Alhidade 103 erfolgt ein Feineinstellen des Prüfwinkels über Autokollimation, indem das Unterteil 104 und die Alhidade 103 gemeinsam hochpräzise gedreht werden und gegebenenfalls der Autokollimator 107 geringfügig geschwenkt wird, wodurch der Theodolit und das Normal in Referenz

Messbrücke 134 auf, die einen elektronischen Autokollimator 135 trägt. An der Messbrücke 134 ist ausserdem ein gabelförmiger Mitnehmer 136 angeordnet, der als Anschlag für ein Fernrohr 137 des Theodolits 130 dient. Somit folgt die vertikale Position des Fernrohres 137 weitgehend der des Autokollimators 135. Da der Mitnehmer 136 jedoch ein Spiel gegenüber dem Fernrohr 137 aufweist, sind der Mitnehmer 136 und das Fernrohr 137 bei Feinverstellung der Messbrücke 134 entkoppelt. In gleicher Weise dient der Mitnehmer 136 als Anschlag bei horizontaler Verstellung über das Horizontalmessteil 124. Die Stabilität der schweren Messbrücke 134 ist kritisch, da besonders in horizontaler Position hohe, die Messung eventuell verfälschende Biegemomente auf die Struktur der Messbrücke 134 wirken. Die U-förmige Messbrücke 134 ist beidseitig am Granitrahmen 123 über als vorgespannte Kugelbuchsenlager ausgebildete Kippachslager 138 um die Horizontalachse 122 drehbar gelagert. Um diese Kippachslager 138 von radialen Kräften durch das über 12 kg betragende Eigengewicht der Messbrücke 134 und des elektronischen Autokollimators 135 zu entlasten, verfügt die Maschine über ein zusätzliches Gewichtskompensationssystem. Die gesamte Messbrücke 134 wird von einem äusseren Tragrahmen 139, der zugleich auch Gegengewichte 140 trägt und die Antriebskräfte aufnimmt, im Schwerpunkt unterstützt. Dieser Tragrahmen 139 dreht sich in eigenen separaten Tragrahmenlagern 141. Die Autokollimationseinstellung erfolgt, indem der Autokollimator 135 der Theodolitenprüfmaschine einen kollimierten Lichtstrahl auf einen planen Aufsatzspiegel 142 projiziert, der auf dem Fernrohr 137 des Theodolits 130 normal zur Richtung der Zielachse des Fernrohres 137 aufgesetzt ist. Die Befestigung des Aufsatzspiegels 142 auf dem Fernrohr 137 erfolgt durch eine Spannzange (nicht dargestellt). Damit ist es möglich, den Aufsatzspiegel 142 weitgehend normal zur optischen Achse des Fernrohres 137 und somit zur Zielachse zu montieren. Der

dem Objektiv des Fernrohrs 137 des Theodolits 130 durch die Spannzange fixiert. Das Fernrohr 137 wird in den gabelförmigen Mitnehmer 136 der Messbrücke 134 eingeschwenkt. Zu Beginn der Messung bewegt sich die Messbrücke 134 auf die vom Zenit aus

5 gemessene Vertikalposition 260 gon, den Beginn des vertikalen Messbereichs. Der Mitnehmer 136 nimmt bei dieser Bewegung das Fernrohr 137 des Theodolits 130 mit. Durch die darauf folgende Autokollimationseinstellung wird der Autokollimator 135 durch präzises Einstellen der Messbrücke 134 und des

10 Horizontalmessteils 124 auf den am Fernrohr 137 fixierten Aufsatzspiegel 142 ausgerichtet. Aufgrund des Spiels zwischen Mitnehmer 136 und Fernrohr 137 wird das Fernrohr 137 während der Autokollimationseinstellung nicht vom Mitnehmer 136 verstellt. Nach dieser Autokollimationseinstellung werden die

15 Winkelwerte des Theodolits 130 und die der Theodolitenprüfmaschine vom Rechner abgefragt und gespeichert. Die Differenz der Vertikalwinkel ist der Fehler des Theodolits 130 für die jeweilige Vertikalposition, hier 260 gon. Die Messung des ersten Messpunktes ist hiermit beendet. Für die

20 Messung des nächsten Messpunktes bewegt der Vertikalantrieb 132 der Theodolitenprüfmaschine die Messbrücke 134 und über den Mitnehmer 136 auch das Fernrohr 137 des Theodolits 130 um etwa 15 gon auf die Vertikalposition 275 gon. Nun beginnt die Messung des zweiten Punktes nach dem oben beschriebenen

25 Schema. Auf diese Art werden Vertikalmessungen bis zur Vertikalposition 140 gon durchgeführt, wobei der Bereich von 380 bis 20 gon nahe des Zenits ausgelassen wird, da in diesem Bereich ein eventueller Versatz der Prüflings- und der Theodolitenprüfmaschinen-Achsen kaum oder nicht durch den

30 Horizontalantrieb 126 der Theodolitenprüfmaschine korrigiert werden kann. Denn die horizontale Bewegung des Lichtflecks auf dem Positionsdetektor des Autokollimators 135 im Verhältnis zu dem Vertikaldrehwinkel ist mit dem Tangens des Winkels zwischen der horizontalen Lage und der tatsächlichen Lage der

statischen Gründen, insbesondere um Verformungen zu vermeiden und die Kippachslagerung möglichst wenig zu belasten, erscheint eine U-Form mit beidseitiger Kippachslagerung als vorteilhaft, die wiederum einen zweisäuligen Granitrahmen verlangt. Das hohe Gewicht der Messbrücke erfordert zudem aufgrund der beschränkten Tragfähigkeit der als vorgespannte Kugelbuchsenlager ausgebildeten Kippachslager ein aufwendiges Gewichtskompensationssystem, welches das Gesamtgewicht der Theodolitenprüfmaschine weiter erhöht. Der aufgrund der beidseitigen Kippachslagerung erforderliche, die Messbrücke umgebende, massive Granitrahmen, die U-Form der Messbrücke und das Gewichtskompensationssystem schränken die Zugänglichkeit zum zu prüfenden Theodolit stark ein, was insbesondere bei Justierarbeiten und grossen Prüflingen hinderlich ist. Der massive Aufbau und das Gewicht der bekannten Theodolitenprüfmaschine verhindern eine breite Einsatzmöglichkeit, da einerseits Belastungstoleranzen von normalen Industrieböden überschritten werden, andererseits die Theodolitenprüfmaschine nicht durch eine normale Labortüre transportiert werden kann. Wegen der beidseitigen Anordnung der Kippachslager ist aufgrund von statischer Überbestimmtheit ein spannungsfreies, exaktes Justieren der einzelnen Kippachslager höchst problematisch, da ein Verstellen eines Kippachslagers sich auch stets auf das gegenüberliegende Kippachslager auswirkt, womit die hohen Präzisionsanforderungen nur mit grossem Justieraufwand erfüllt werden können. Auch die stabile Montage des Aufsatzspiegels auf dem Fernrohr ist kritisch, da Abweichungen von der Spiegelebene zur Zielachse möglichst zu vermeiden sind und eine exakte Ausrichtung des Aufsatzspiegels einen grossen Aufwand bedarf. Unterschiedliche Fernrohrgeometrien und Theodolitenbaureihen erfordern unterschiedliche Aufsatzspiegel-Spannzangen. Da die Referenzstruktur für den gesamten Messablauf von dem Aufsatzspiegel gebildet wird, kann

ausgestattete schwere Drehblock umfasst ein optisches System, welches das Strahlenbündel derart umlenkt, dass es zuerst um einen bestimmten Versatz parallel versetzt wird, der nicht kleiner ist als die Aussenabmessung des grössten zu

5 überprüfenden Gerätes, und welches anschliessend das parallel versetzte Strahlenbündel um  $90^\circ$  in der Ebene des parallelen Versatzes umlenkt, wobei die Umlenkung mittels eines Pentaprismas im Schnittpunkt der Achse des verschobenen Bündels mit der Vertikalebene der kippbaren Visiervorrichtung

10 des zu untersuchenden Geräts erfolgt. Auf der ersten reflektierenden Fläche des optischen Systems des Drehblocks ist eine kleine Öffnung vorgesehen, durch welche ein Teil des Kollimator-Strahlenbündels ohne Reflexion oder Ablenkung hindurch treten kann. Der Drehblock ist mit einem hochgenauen

15 Limbus und einer Winkelablesevorrichtung ausgestattet. Handelt es sich bei dem zu untersuchenden Gerät um einen Theodolit, so ist es mittels der Vorrichtung durch Schwenken des Drehblocks möglich, die Vertikalwinkelmessvorrichtung des Theodolits zu überprüfen und eine mathematische Fehlerkorrekturfunktion zu

20 bilden. Eine Horizontalwinkelkorrektur ist aufgrund des feststehenden Theodolits lediglich durch Durchschlagen des Theodolitfernrohrs für maximal vier Horizontalwinkel möglich, so dass keine Erzeugung einer kontinuierlichen Horizontalwinkelkorrekturfunktion realisierbar ist. Das

25 Ausrichten des Theodolitfernrohrs auf den Drehblock und umgekehrt erfolgt, indem der Benutzer mit dem Auge entweder das Kollimatornetz im Theodolitfernrohr oder das Theodolitnetz im Kollimatorfernrohr betrachtet und die Achse händisch verstellt. Die Kalibrierung der gesamten Vorrichtung wird mit

30 Hilfe des Autokollimatorokulars des Kollimators vorgenommen, indem ein Eichprisma oder ein Polygonspiegel auf dem Tisch angeordnet wird und bei unterschiedlichen Stellungen des Drehblocks die Konstanz der Lage der optischen Achse der Vorrichtung gemessen wird. Da die Vorrichtung eine nicht

höchstgenau automatisch geprüft oder kalibriert werden kann, und die Nachteile der gattungsgemässen Prüfverfahren zu beheben.

- 5 Diese Aufgabe wird durch die Verwirklichung der Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst. Merkmale, die die Erfindung in alternativer oder vorteilhafter Weise weiterbilden, sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.
- 10 Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass durch ein direktes Messen an einer Referenzstruktur des Prüflings wesentliche Verbesserungen gegenüber dem Stand der Technik erzielt werden können.
- 15 Im Folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren teilweise unter Zuhilfenahme von Vorrichtungsbeschreibungen allgemein beschrieben. Mögliche konkrete beispielhafte Ausführungsformen sind im Anschluss den Figuren und der Figurenbeschreibung zu entnehmen.
- 20 Eine mögliche Vorrichtung zum Prüfen oder Kalibrieren der winkelabhängigen Ausrichtung einer Referenzstruktur eines hochpräzisen Prüflings weist einen Sockel als stabile Bezugsbasis für den Prüf- oder Kalibriervorgang auf. Dieser
- 25 Sockel ist als ein Steinkörper, Metallkörper oder als ein, aus mindestens einem anderen geeigneten Material gefertigter oder - beispielsweise aus Streben - zusammengesetzter Körper, der als Bezugsbasis dient, ausgebildet. Der Sockel weist beispielsweise eine L-förmige Grundstruktur auf. Ein
- 30 Aufnahmeteil zur Aufnahme des Prüflings ist gegenüber dem Sockel um eine - insbesondere in Lotrichtung verlaufende - Aufnahmeteil-Achse über ein Hochpräzisionslager drehbar gelagert. Das Aufnahmeteil ist beispielsweise als Präzisionsdrehtisch mit einer - gegebenenfalls mittels eines

Wesentlichen rotationssymmetrische Ausbildung vollumfänglich umschliesst. Das Messteil ist zumindest in einem bestimmten Winkelbereich unabhängig vom Prüfling verdrehbar. Eine derartige umgreifende oder umschliessende, zumindest teilweise  
5 symmetrische Ausbildung des Messteils hat mehrere Vorteile. Da der Schwerpunkt des Messteils nahe oder auf der Messteilachse liegt, kann eine zusätzliche Gewichtskompensation entfallen. Hierdurch wird der Antrieb des Messteils entlastet, die Biege- und Torsionsbelastung erheblich reduziert und somit die  
10 Messgenauigkeit aufgrund geringerer Toleranzen drastisch erhöht. Ein weiterer Vorteil eines derartigen Messteilaufbaus besteht in der Möglichkeit, mehrere Messkomponenten innerhalb der Messebene des Messteils - insbesondere auf gegenüberliegenden Seiten in Bezug auf den Prüfling -  
15 anzuordnen. Hierdurch wird die Realisierung zahlreicher neuer Messverfahren möglich, durch welche die Messgenauigkeit weiter erhöht werden kann.

Auf dem Messteil ist mindestens eine Optikeinheit mit einem  
20 optischen Detektor angeordnet. Die Optikeinheit dient zum Empfangen mindestens eines mit der Referenzstruktur des Prüflings in Wechselwirkung stehenden Prüflings-Strahlenbündels, das im Wesentlichen in einer von der Messteil-Achse senkrecht durchstossenen Messebene, in der die  
25 Aufnahmeteil-Achse liegt, verläuft. Hierdurch erzeugt das Prüflings-Strahlenbündel mindestens einen Punkt auf dem Detektor. Das Prüflings-Strahlenbündel kann entweder direkt, eventuell geformt durch ein Linsensystem, auf den Detektor treffen, oder über ein optisches Umlenkelement, beispielsweise  
30 eine Spiegelungseinheit oder einen Lichtleiter, in Richtung der Optikeinheit und des Detektors umgelenkt oder geleitet werden und indirekt auf den Detektor treffen. Bei Einsatz eines solchen optischen Umlenkelements ist es möglich, die Optikeinheit ausserhalb der Messebene, eventuell auf einem

Kugeloberfläche. Sofern die Aufnahmeteil-Achse in Lotrichtung weist und somit die Messteil-Achse in der Horizontalebene liegt, kann über das Aufnahmeteil ein Horizontalwinkel und über das Messteil ein Vertikalwinkel verstellt werden.

5

Die drehbare Lagerung des Messteils gegenüber dem Sockel erfolgt mittels einer Messteil-Lagereinheit, die vorzugsweise als ein Luftlager ausgebildet ist, das auf einer einzigen Seite der Messebene oder in der Messebene angeordnet ist. Da  
10 nur eine Lagereinheit zum Einsatz kommt, kann diese Lagereinheit hochpräzise justiert werden, ohne dass es aufgrund von statischer Überbestimmtheit zu Verspannungen mit einer zweiten, auf der anderen Seite der Messebene bzw. ausserhalb der Messebene angeordneten Lagereinheit kommt.

15 Hierdurch ist es möglich, aussergewöhnlich hohe Messgenauigkeiten zu erreichen. Aufgrund der einseitigen, auf einer einzigen Seite der Messebene liegenden oder mittigen, in der Messebene liegenden Anordnung der Lagereinheit ist es möglich, einen kompakteren, insbesondere schmäleren Aufbau der  
20 gesamten Messvorrichtung zu realisieren und eine wesentlich bessere Zugänglichkeit zum Prüfling zu schaffen, wobei aufgrund der Eigenschaften eines Luftlagers die Messgenauigkeit der gesamten Vorrichtung sogar noch erhöht wird. Unterschiedliche Ausbildungen von radialen und axialen  
25 Luftlagern, Zylinder-, U-, Winkel- oder Plan-Luftlagern sind mittlerweile aus dem Stand der Technik bekannt. Das Luftlager muss dermassen beschaffen sein, dass eine hochpräzise Lagerung des Messteils um die Messteil-Achse unter Berücksichtigung der geforderten Toleranzen der Vorrichtung bei den auf das Lager  
30 wirkenden Kräfte gewährleistet ist und sowohl die Steifigkeit, als auch die Dämpfung den Anforderungen entspricht. Die Auslegungskriterien von Luftlagern sind ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt. Unter der als Luftlager ausgebildeten Lagereinheit ist sowohl ein Einzellager, als

Vor allem bei Prüflingen, deren bezüglich Ihrer Winkelausrichtung zu prüfende oder kalibrierende Referenzstruktur gegenüber dem restlichen Prüfling verstellbar ist, wie dies beispielsweise bei einem Theodolit, dessen Winkel-Encoder zu prüfen sind, der Fall ist, kommt zum Verstellen der Referenzstruktur, beispielsweise des Theodolitfernrohrs, ein Handhabungsroboter, der z.B. auf dem Sockel angeordnet ist, zum Einsatz. Somit ist es möglich, die Referenzstruktur und die Optikeinheit des Messteils simultan zu verstellen und Winkelabweichungen - insbesondere eines Winkel-Encoders des Prüflings - innerhalb einer kurzen Prüfzeit zu ermitteln.

Zum Prüfen des thermischen Verhaltens eines Prüflings kann ein thermischer Strahler eingesetzt werden, der derart angeordnet ist, dass der Prüfling zumindest von einer Seite erwärmt werden kann, wodurch beispielsweise der Einfluss einer Sonnenbestrahlung und der damit verbundene thermische Verzug simulierbar ist.

Bei dem erfindungsgemässen Verfahren wird eine Strahlung von der Referenzstruktur des Prüflings erzeugt oder bezüglich eines Strahlungsparameters - insbesondere durch Reflexion, Abblendung, Filterung oder Formung - verändert. Diese erzeugte oder veränderte Strahlung bildet das oben beschriebene Prüflings-Strahlenbündel.

Zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens ist es entweder möglich, im Wesentlichen die oben beschriebene Vorrichtung zu verwenden, oder es kommt allgemein folgende Vorrichtung zum Einsatz: Die Vorrichtung weist ein verstellbares oder fixiertes Aufnahmeteil zur Aufnahme des

ein Vor-Ausrichten der Optikeinheit und/oder der Referenzstruktur des Prüflings, so dass das Prüflings-Strahlenbündel zumindest teilweise auf den Detektor trifft und dort den mindestens einen Punkt erzeugt. Nach dem Auswerten  
5 der Lage dieses mindestens einen Punktes auf dem Detektor, insbesondere durch die Steuerungs-Regelungs-Einheit, erfolgt ein Fein-Ausrichten der Optikeinheit gegenüber der Referenzstruktur über die Steuerungs-Regelungs-Einheit in Abhängigkeit von der Lage des mindestens einen Punktes auf dem  
10 Detektor, so dass der mindestens eine Punkt eine bestimmte Solllage erreicht. Daraufhin folgt ein Erfassen zumindest des Aufnahmeteil-Verdrehwinkels und/oder des Messteil-Verdrehwinkels. Das genannte Prüflings-Strahlenbündel wird von einer Strahlung gebildet, die von der Referenzstruktur des  
15 Prüflings erzeugt oder von dieser bezüglich eines Strahlungsparameters, beispielsweise durch Reflexion, Streuung, Brechung, Abblendung, Filterung oder Formung, verändert wird. Die Erzeugung der Strahlung erfolgt über einen Emitter, der beispielsweise als Temperatur- oder  
20 Lumineszenzstrahler, als chemischer oder radioaktiver Strahler ausgebildet ist. Da das Prüflings-Strahlenbündel, das auf den Detektor trifft, somit direkt oder indirekt von der Referenzstruktur des Prüflings kommt und nicht von einer Hilfskomponente wie beispielsweise einem Vorsatzspiegel  
25 herrührt, kann die Referenzstruktur höchst präzise gegenüber der Optikeinheit - bzw. umgekehrt - ausgerichtet werden, da Fehler durch eine mangelhafte Ausrichtung der Hilfskomponente gegenüber der Referenzstruktur vermieden werden. Ausserdem ist es möglich, Referenzstrukturen - beispielsweise in Form einer  
30 beleuchteten oder selbst leuchtenden Marke - zu wählen, die mechanisch nur schwierig koppelbar sind, insbesondere Komponenten, die optisch detektierbar innerhalb eines Linsensystems angeordnet sind. Dies sind beispielsweise

Prüflings gebildet wird, und wird von dieser reflektiert. Die von der Referenzstruktur reflektierte Strahlung bildet das Prüflings-Strahlenbündel, das bei entsprechender Ausrichtung der Referenzstruktur gegenüber der Optikeinheit von dem

5 Linsensystem geformt wird, somit zumindest teilweise auf den Detektor trifft und bei exakter Ausrichtung mindestens einen Punkt auf einer bestimmten Solllage auf dem Detektor erzeugt. Die reflektierende Referenzstruktur wird eventuell - sofern erforderlich - mit einer reflexionsverstärkenden Beschichtung

10 oder Folie beschichtet. Als Emitter wird beispielsweise eine LED eingesetzt, deren Strahlung über einen Lichtwellenleiter in die Brennebene des Linsensystems eingespeist wird. Als Detektor ist - abhängig von Anwendungsfall - eine

15 Quadrantendiode, ein CCD Bildsensor oder ein anderer aus dem Stand der Technik bekannter Detektor verwendbar. Handelt es sich bei der als Reflexionsfläche dienenden Referenzstruktur um eine ebene Fläche, wird die vom Emitter ausgesandte Strahlung vom Linsensystem der Optikeinheit vorzugsweise kollimiert, so dass das Prüflings-Strahlenbündel ebenfalls

20 kollimiert ist. Bei einer konvexen oder konkaven Referenzstruktur, die beispielsweise von einer Linsenoberfläche des Prüflings gebildet wird, wird die Strahlung vom Linsensystem der Optikeinheit hingegen entsprechend der Wölbung, insbesondere des Radius, geformt,

25 insbesondere fokussiert oder gestreut. Soll eine antireflexionsbeschichtete Linse als Referenzstruktur dienen, ist der Einsatz von zusätzlichen optischen Filtern im Strahlengang der Strahlung vorteilhaft. Handelt es sich bei der Referenzstruktur um eine Linse innerhalb eines

30 Linsensystems, beispielsweise eine bestimmte Linse innerhalb einer Zieleinheit, kann ebenfalls der Einsatz von optischen Filtern zweckdienlich sein.

Fehlausrichtung der Bildaufnahme­fläche messbar sind. Weiters ist die Kamerakonstante überprüfbar.

Auch der Teilerwürfel in einem Theodolitfernrohr kann als  
5 Referenzstruktur dienen, wodurch mittels des Verfahrens auch die korrekte Winkelausrichtung eines Teilerwürfels überprüfbar ist.

Sofern ein Laserdistanzmesser im Prüfling angeordnet ist, kann  
10 das Prüflings-Strahlenbündel von einem vom Prüfling emittierten Lasermessstahl gebildet werden. Die Referenzstruktur wird somit von der Laserdiode gebildet. In diesem Fall ist es möglich, eine Ausrichtung der optischen Achse des Prüflings mit der Ausrichtung der Achse des  
15 Lasermessstrahls zu vergleichen und eine allfällige Ablage zu detektieren.

Ausserdem können Fehler innerhalb des optischen Systems der Zieleinheit festgestellt werden, indem über einen seitens des  
20 Okulars oder des Objektivs der Zieleinheit des Prüflings angeordneten Emitter eine Struktur mindestens eines Teils der Zieleinheit auf den Detektor abgebildet wird. Bei einem fokussierbaren optischen System ist es mittels des beschriebenen Verfahrens zudem möglich, den Gang der  
25 Fokussierlinse zu untersuchen.

Durch den Einsatz einer Zusatz-Optikeinheit, die auf der Seite des Okulars angeordnet ist, ergeben sich weitere Möglichkeiten. Die Zusatzoptikeinheit kann, wie die  
30 Optikeinheit, als ein Autokollimator oder eine Kamera zur Erfassung der Ausrichtung gegenüber einer Referenzstruktur, die von dem Okular selbst oder von einer von der Seite des Okulars detektierbaren Struktur gebildet wird, ausgebildet sein. Alternativ ist die Zusatz-Optikeinheit als ein Zusatz-

Fig. 5 eine vereinfachte Ausschnittsdarstellung einer zweiten alternativen Ausführungsform der Vorrichtung mit einer einseitig gelagerten Messwippe als Messteil und einem Handhabungsroboter;

5

Fig. 6 eine vereinfachte Ausschnittsdarstellung einer dritten alternativen Ausführungsform der Vorrichtung mit einem einseitig gelagerten Messrad als Messteil und einem Handhabungsroboter;

10

Fig. 7 eine vereinfachte Ausschnittsdarstellung einer vierten alternativen Ausführungsform der Vorrichtung mit einem mittig, in der Messebene gelagerten Messring als Messteil;

15

Fig. 8 eine schematische Darstellung des Strahlengangs mit einer ebenen Reflexionsfläche als Referenzstruktur des Prüflings;

20 Fig. 9 eine schematische Darstellung des Strahlengangs mit einer konvexen Linse als Referenzstruktur des Prüflings;

Fig. 10 eine schematische Darstellung des Strahlengangs mit einer Strichplatte als Referenzstruktur des Prüflings;  
25 und

Fig. 11 eine schematische Darstellung des Strahlengangs bei Abbildung einer Struktur innerhalb einer optischen Zieleinheit auf den Detektor.  
30

In Fig. 3 ist eine mögliche Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens dargestellt. Die Vorrichtung umfasst einen Sockel 2 aus

Stehachse 20 senkrecht durchstossen wird, wobei dieser Durchstosspunkt den Schnittpunkt zwischen der Messteil-Achse 7 und der Kippachse 21 des Prüflings 1 bildet. Abhängig von der Ausrichtung des Prüflings 1 gegenüber dem Aufnahmeteil 4 können die Messteil-Achse 7 und die Kippachse 21 aufeinander liegen, was in der in Fig. 3 gezeigten Darstellung der Fall ist. Somit ist es möglich, die Zieleinheit 18 und das Messteil 5 um eine gemeinsame Achse zu schwenken. Bei der Messteil-Lagereinheit 6 handelt es sich um ein hochpräzises Luftlager, das ein leichtgängiges jedoch stabiles Schwenken des Messteils 5 um die Messteil-Achse 7 unter Einhaltung kleinster Toleranzen ermöglicht. Da die Messteil-Lagereinheit 6 auf einer einzigen Seite einer von der Messteil-Achse 7 senkrecht durchstossenen Messebene 11, in der die Aufnahmeteil-Achse 4 liegt, am Sockel 2 angeordnet ist, ist es möglich, die Messteil-Lagereinheit 6 exakt zu justieren, ohne dass es aufgrund statischer Überbestimmtheit zu Verspannungen mit einer Lagereinheit auf der anderen Seite der Messebene 11 kommt. In Fig. 3 ist ein kleiner Ausschnitt der Messebene 11 symbolisch dargestellt. Durch dies im Wesentlichen zur Messteil-Achse 7 achssymmetrische Gestaltung des Messteils 5 liegt der Schwerpunkt des Messteils 5 nach der Messteil-Achse 7. Hierdurch werden Biege- und Torsionsbelastungen weitgehend vermieden und der Antrieb des Messteils 5 entlastet, so dass Toleranzen gering gehalten und sehr hohe Messgenauigkeiten erzielbar sind. Auf dem Messteil 5 befindet sich eine Optikeinheit 8 mit einem optischen Detektor (in Fig. 3 nicht dargestellt, siehe unten), wobei die Optikeinheit 8 so auf dem Messteil 5 angeordnet ist, dass ein aus Richtung des Prüflings 1 kommendes Prüflings-Strahlenbündels (in Fig. 3 nicht dargestellt, siehe unten) von dem Detektor empfangbar ist, welches Prüflings-Strahlenbündel im Wesentlichen in der von der Messteil-Achse 7 senkrecht durchstossenen Messebene 11, in der die Aufnahmeteil-Achse 4 liegt, verläuft. In Fig. 3 wird

möglich, da derjenige der Optikeinheit 8 gegenüberliegende Teil des Messteils 5 mit der Horizontalmesseinheit 25 kollidieren würde, weshalb zum Kalibrieren des gegenüberliegenden Winkelbereichs ein Durchschlagen der

5 Zieleinheit 18 des Prüflings 1 oder eine Horizontalwinkelverstellung notwendig ist. Diese Einschränkung ist jedoch in der Praxis meist nicht von Nachteil. Da ein exakt stehachsfluchtendes Positionieren des Prüflings 1 auf der Horizontalmesseinheit 25 nicht möglich ist, würde eine

10 Messung nahe dem Zenit zu Fehlresultaten führen, wie oben in der Beschreibung der bekannten Theodolitenprüfmaschine beschrieben. Ausserdem ist es einem Benutzer ohnehin in der Regel nicht möglich, zenitnahe Messungen durchzuführen, da das Okular der Zieleinheit 18 in diesem Bereich unzugänglich ist.

15 Weiter unten werden jedoch Ausführungsbeispiele dargestellt, bei denen auch eine zenitnahe Messung durchführbar ist.

Fig. 4 zeigt eine vereinfachte Ausschnittsdarstellung einer ersten alternativen Ausführungsform der Vorrichtung von Fig.

20 3. Wie in Fig. 3 weist die Vorrichtung zum Prüfen eines Prüflings 1 einen mehrteiligen Sockel 2 mit einer Messteil-Lagereinheit 6 und einer Horizontalmesseinheit 25, die eine Aufnahmeteil-Lagereinheit 27 und ein um die Aufnahmeteil-Achse 4 drehbares Aufnahmeteil 3 umfasst, auf. Das auf einer

25 einzigen Seite der Messebene 11 durch die als Luftlager ausgebildete Messteil-Lagereinheit 6 gelagerte Messteil ist als eine Messwippe 5a ausgebildet, die rechtwinklig zueinander angeordnete Schenkeln 5a', 5a'' besitzt. Auf einem dieser Schenkel 5a', 5a'' ist die Optikeinheit 8 angeordnet. Die

30 Vorrichtung weist ausserdem einen Handhabungsroboter 22 auf, der einen Robotersockel 29 und einen elektromotorisch um die Messteil-Achse 7 schwenkbaren Greifer 28 umfasst. Zwischen dem Greifen 28 und der Zieleinheit 18 des Prüflings 1, insbesondere dem Objektiv 16, ist eine mechanische Verbindung

Fig. 5 nicht dargestellt) erzeugt. Alternativ ist es möglich, die Zusatzoptikeinheit 15 als einen Zusatz-Spiegel auszubilden. In diesem Fall wird die Strahlung beispielsweise von der Optikeinheit 8 ausgesendet, von dem Zusatz-Spiegel reflektiert, von der Strichplatte bezüglich eines Strahlungsparameters verändert, wobei dieser Veränderung entweder vor, nach oder vor und nach der Reflexion am Zusatz-Spiegel erfolgt, und trifft anschliessend auf den Detektor. Weiters ist es möglich, dass die Zusatzoptikeinheit 15 eine, eine Strukturierung - beispielsweise ein Muster - aufweisende Strahlung 30 aussendet. Durch insbesondere mittels Bildverarbeitung erfolgendem Vergleich der Strukturierung der ausgesendeten Strahlung 30 und des empfangenen Prüflings-Strahlenbündels 10 können Fehler in der Optik der Zieleinheit 18, insbesondere Linsenfehler, Verzerrungen, Verzeichnungen, Fokussierungsfehler in Tubusverlauf, etc., erfasst werden.

In Fig. 6 ist eine vereinfachte Ausschnittsdarstellung einer dritten alternativen Ausführungsform der Vorrichtung mit einem als Messrad 5c ausgebildeten Messteil dargestellt. Das Messrad 5c wird von der auf einer einzigen Seite der Messebene 11 angeordneten und als Luftlager ausgebildeten Messteil-Lagereinheit 6 um die Messteil-Achse 7 drehbar gelagert. Wie in den obigen Aufbauten weist die Vorrichtung eine Horizontalmesseinheit 25 mit einer Aufnahmeteil-Lagereinheit 27 zum - um die Aufnahmeteil-Achse 4 drehbaren - Lagern des Aufnahmeteils 3 auf. Weiters sind der auf dem Aufnahmeteil 3 positionierte Prüfling 1 mit seiner Zieleinheit 18 und dem Objektiv 16, und der Handhabungsroboter 22 mit dem Robotersockel 29 zu sehen. Aufgrund der Geometrie des Messrades 5c weist die Vorrichtung hingegen einen Sockel 2a auf, der so ausgebildet ist, dass das Messrad 5c den Prüfling 1 und die Horizontalmesseinheit 25 umschliesst. Auf dem Messrad 5c sind sowohl die Optikeinheit 8, als auch auf der

zum Empfangen des Prüflings-Strahlenbündels 10, durch welches die Strichplatte auf den Detektor der Optikeinheit 8 abgebildet wird und dort somit eine Vielzahl von Punkten erzeugt. Es ist möglich, vergleichbar mit Fig. 5 und Fig. 6, den Messring 5d ebenfalls mit einer Zusatzoptikeinheit 15, insbesondere einem Zusatz-Emitter oder einem Zusatz-Spiegel, auszustatten. Da die Messteil-Lagereinheit 6a mittig angeordnet ist und sich in der Messebene 11, unterhalb des Prüflings 1 und unterhalb der Horizontalmesseinheit 25 befindet, ist der Prüfling 1 von beiden Seiten leicht zugänglich, was vor allem bei der Montage des Prüflings 1 und Kalibrierarbeiten am Prüfling 1 vorteilhaft ist. Durch die rotationssymmetrische Grundform des Messrings 5d und die nahe oder im Lot des Schwerpunkts des Messrings 5d befindliche Messteil-Lagereinheit 6a werden Biege- und Torsionsmomente am Messteil weitgehend vermieden, so dass höchste Messgenauigkeiten erreichbar sind.

Fig. 8 zeigt den Strahlengang einer möglichen Ausführungsform, bei welcher die Optikeinheit den Aufbau eines bekannten Autokollimators aufweist und die Referenzstruktur des Prüflings von einer ebenen Reflexionsfläche gebildet wird. Die als Autokollimator ausgebildete Optikeinheit 8a umfasst einen Emitter 31a, eine Optikeinheit-Marke 32 in Form einer Strichplatte, einen Teilerwürfel 33 zur physikalischen Strahlteilung, ein Optikeinheit-Objektiv 34a und einen optischen Detektor 9. Die Optikeinheit 8a sendet eine Strahlung in Form eines kollimierten Sende-Strahlungsbündels 35a aus, das von einer ebenen, die Referenzstruktur bildenden Reflexionsfläche 36 am Prüfling 1 reflektiert wird. Dieses reflektierte und somit bezüglich eines Strahlungsparameters veränderte Strahlungsbandel bildet das Prüflings-Strahlenbündel 10a, das somit ebenfalls kollimiert ist. Das Prüflings-Strahlenbündel 10a wird, sofern das kollimierte

Strahlenbündel 10b, welches wie oben beschrieben auf den Detektor 9 der Optikeinheit 8a fokussiert wird. Damit die hauptsächlichste Reflexion des Sende-Strahlungsbündels 35b an der konvexen Linse 39 - und nicht an einer vorgeschalteten  
5 Linse - erfolgt, ist der Einsatz von optischen Filtern (in Fig. 9 nicht dargestellt), die dem Emitter 31a nachgeschaltet sind, möglich. Die Prüfung der Winkelausrichtung durch die Optikeinheit 8a erfolgt in der oben beschriebenen Weise. Es ist möglich, die Vorrichtung durch einen flexiblen Einsatz der  
10 Vorsatzlinse 37a von einer ebenen auf eine konvexe oder gegebenenfalls eine konkave Referenzstruktur umzurüsten, ohne dabei einen wesentlichen Eingriff in die Vorrichtung vorzunehmen. Die Ausgestaltung der Vorsatzlinse hängt insbesondere von der Form der als Referenzstruktur dienenden  
15 Linse und dem vorangeschalteten Linsensystem ab.

In einer weiteren Ausführungsform, wie in Fig. 10 gezeigt, wird die Referenzstruktur von einer Strichplatte in der Zieleinheit des Prüflings gebildet. Die Optikeinheit 8b weist  
20 einen Emitter 31b, einen Teilerwürfel 33 zur physikalischen Strahlteilung, ein Optikeinheit-Objektiv 34b und einen optischen Detektor 9 auf. Die Optikeinheit 8b sendet eine Strahlung in Form eines Sende-Strahlungsbündels 35c aus, das von dem Objektiv 16 der Zieleinheit 18 des Prüflings 1 erfasst  
25 wird, auf die Strichplatte 14 der Zieleinheit 18 trifft und diese Strichplatte 14 beleuchtet. Die Strichplatte 14 befindet sich im Brennpunkt des Objektivs 16 der Zieleinheit 18. Die durch diese Beleuchtung der Strichplatte 14 hervorgerufene Reflexion bildet ein Strahlungsbündel, das nach Kollimierung  
30 durch nämliches Objektiv 16 das Prüflings-Strahlenbündel 10c darstellt. Dieses Prüflings-Strahlenbündel 10c wird vom Optikeinheit-Objektiv 34b auf den Detektor 9 fokussiert, auf welchem somit die Strichplatte 14 der Zieleinheit 18 des Prüflings 1 abgebildet wird und dort eine Schar von Punkten 12

abgebildet und kann somit graphisch dargestellt und geprüft werden. Diese Struktur wird beispielsweise von einer Bildaufnahme­fläche, beispielsweise einem CCD-Chip, oder einer Laserdiode eines Entfernungsmessers gebildet. Andere  
5 Beleuchtungsvarianten, wie oben bereits beschrieben, sind auch hier realisierbar.

Es ist möglich, die in Fig. 8 bis 11 beschriebenen Prüfverfahren mit einer einzigen Optikeinheit, gegebenenfalls  
10 unter Verwendung von unterschiedlichen Objektiven oder Vorsatzlinsen, durchzuführen und hierdurch eine einzige Vorrichtung ohne aufwendiges Umrüsten für unterschiedliche Prüflinge oder Prüfverfahren zu verwenden.

mit den Verfahrensschritten

- Anordnen des Prüflings (1) auf dem Aufnahmeteil (3),
  - Vor-Ausrichten der Optikeinheit (8, 8a, 8b, 8c) und/oder der Referenzstruktur des Prüflings (1), so dass das Prüflings-Strahlenbündel (10, 10a, 10b, 10c, 10d) zumindest teilweise auf den Detektor (9) trifft und dort mindestens den einen Punkt (12) erzeugt,
  - Auswerten der Lage des mindestens einen Punktes (12) auf dem Detektor (9) durch die Steuerungs-Regelungs-Einheit (13),
  - relatives Fein-Ausrichten der Optikeinheit (8, 8a, 8b, 8c) gegenüber der Referenzstruktur über die Steuerungs-Regelungs-Einheit (13) in Abhängigkeit von der Lage des mindestens einen Punktes (12) auf dem Detektor (9), so dass der mindestens eine Punkt (12) eine bestimmte Solllage auf dem Detektor (9) erreicht, und
  - Erfassen zumindest des Aufnahmeteil-Verdrehwinkels und/oder des Messteil-Verdrehwinkels,
- wobei eine Strahlung (30, 35a, 35b, 35c, 35d) von der Referenzstruktur des Prüflings (1) erzeugt oder bezüglich eines Strahlungsparameters - insbesondere durch Reflexion, Abblendung, Filterung oder Formung - verändert wird und die erzeugte oder veränderte Strahlung (30, 35a, 35b, 35c, 35d) das Prüflings-Strahlenbündel (10, 10a, 10b, 10c, 10d) bildet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Prüfling (1)  
- insbesondere ein Theodolit, ein Nivellier oder ein geodätischer Scanner - eine optische Zieleinheit (18) aufweist, die

- um eine Stehachse (20) und gegebenenfalls eine Kippachse (21) verstellbar ist,
- eine Zielachse bestimmt und

- das Prüflings-Strahlenbündel (10a, 10b, 10c, 10d) beim Auftreffen auf ein Teil der Optikeinheit (8a, 8b, 8c) auf den Detektor (9) abgebildet wird und bei exakter Ausrichtung der Optikeinheit (8a, 8b, 8c) gegenüber der Referenzstruktur mindestens einen Punkt (12) auf dem Detektor (9) erzeugt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Referenzstruktur von einer Linse (39) der Zieleinheit (18) gebildet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Referenzstruktur von einer einem Teilerwürfel der Zieleinheit (18) gebildet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Referenzstruktur von einer Bildaufnahme­fläche - insbesondere einem CCD-Chip - der Zieleinheit (18) gebildet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 2, wobei

- die Referenzstruktur durch die optisch detektierbare Marke, die zumindest während des Feinausrichtens aktiv oder passiv beleuchtet ist, gebildet wird, und
- die Strahlung (30, 35c) von der Marke erzeugt oder bezüglich des Strahlungsparameters verändert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Marke als eine Strichplatte (14) ausgebildet ist, welche Strichplatte (14) selbstleuchtend ist oder zumindest während des Feinausrichtens durch einen in der optischen Zieleinheit (18) angeordneten Emitter beleuchtet wird, das so gebildete Prüflings-Strahlenbündel (10, 10c) über ein Objektiv (16) der Zieleinheit (18) direkt oder indirekt zumindest teilweise auf den Detektor (9) abgebildet wird

und somit das Prüflings-Strahlenbündel (10a, 10b, 10c, 10d) bildet, und

- das Prüflings-Strahlenbündel (10a, 10b, 10c, 10d) nach Austritt aus dem Objektiv (16) oder Okular (23) der Zieleinheit (18) beim Auftreffen auf ein Teil der Optikeinheit (8a, 8b, 8c) auf den Detektor (9) abgebildet wird und eine Vielzahl von Punkten (12) auf dem Detektor (9) erzeugt, und
- durch Auswerten der von dem Detektor (9) detektierten Vielzahl an Punkte durch die Steuerungs-Regelungs-Einheit (13) optische Fehler, insbesondere Verzerrungen und Verzeichnungen, detektierbar sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 12, wobei eine Struktur (40) mindestens eines Teils der Zieleinheit (18) auf den Detektor (9) abgebildet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei durch einen thermischen Strahler der Prüfling (1) zumindest von einer Seite zum Ermitteln des thermischen Verhaltens erwärmt wird.

1/8

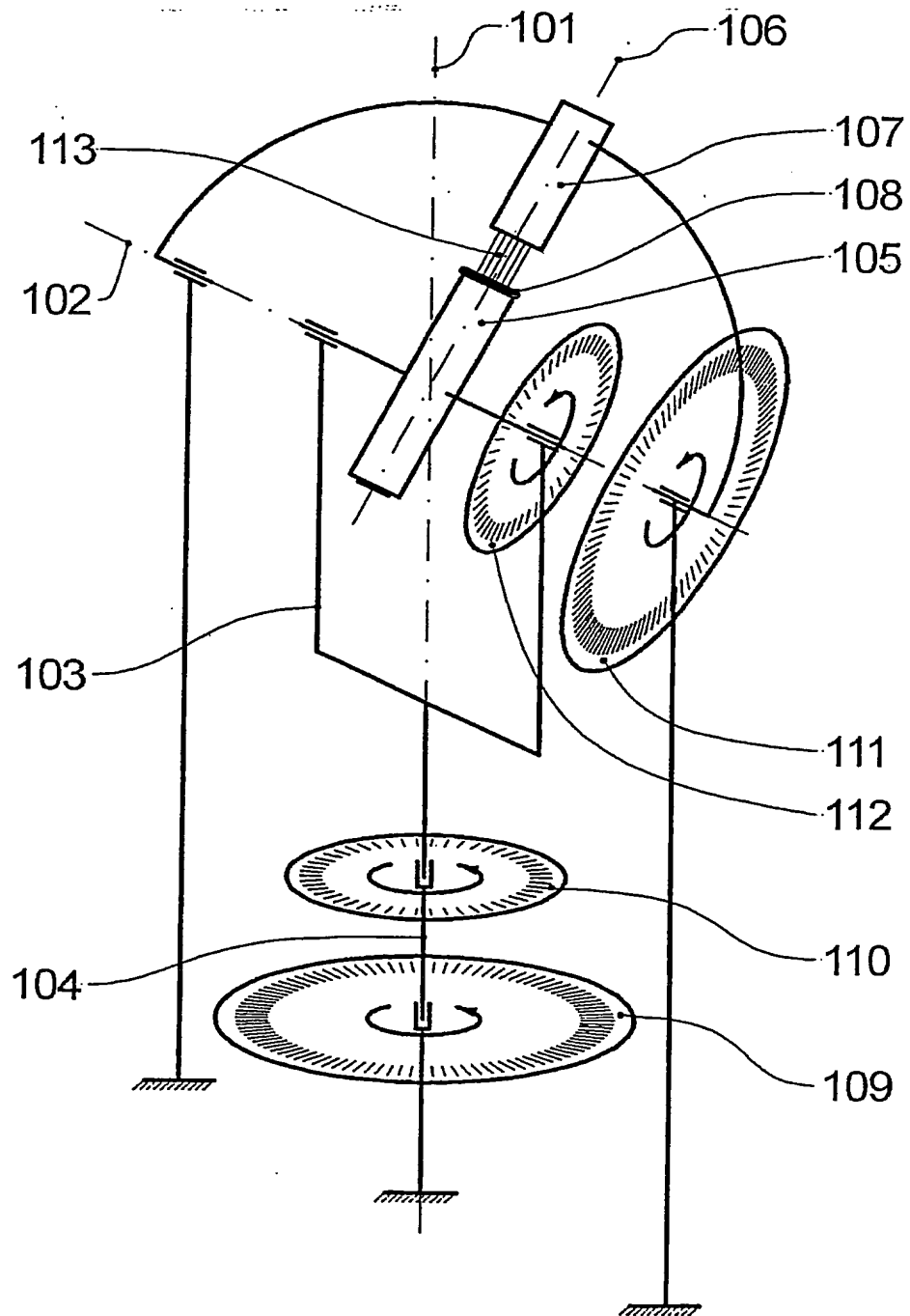


FIG. 1

2/8

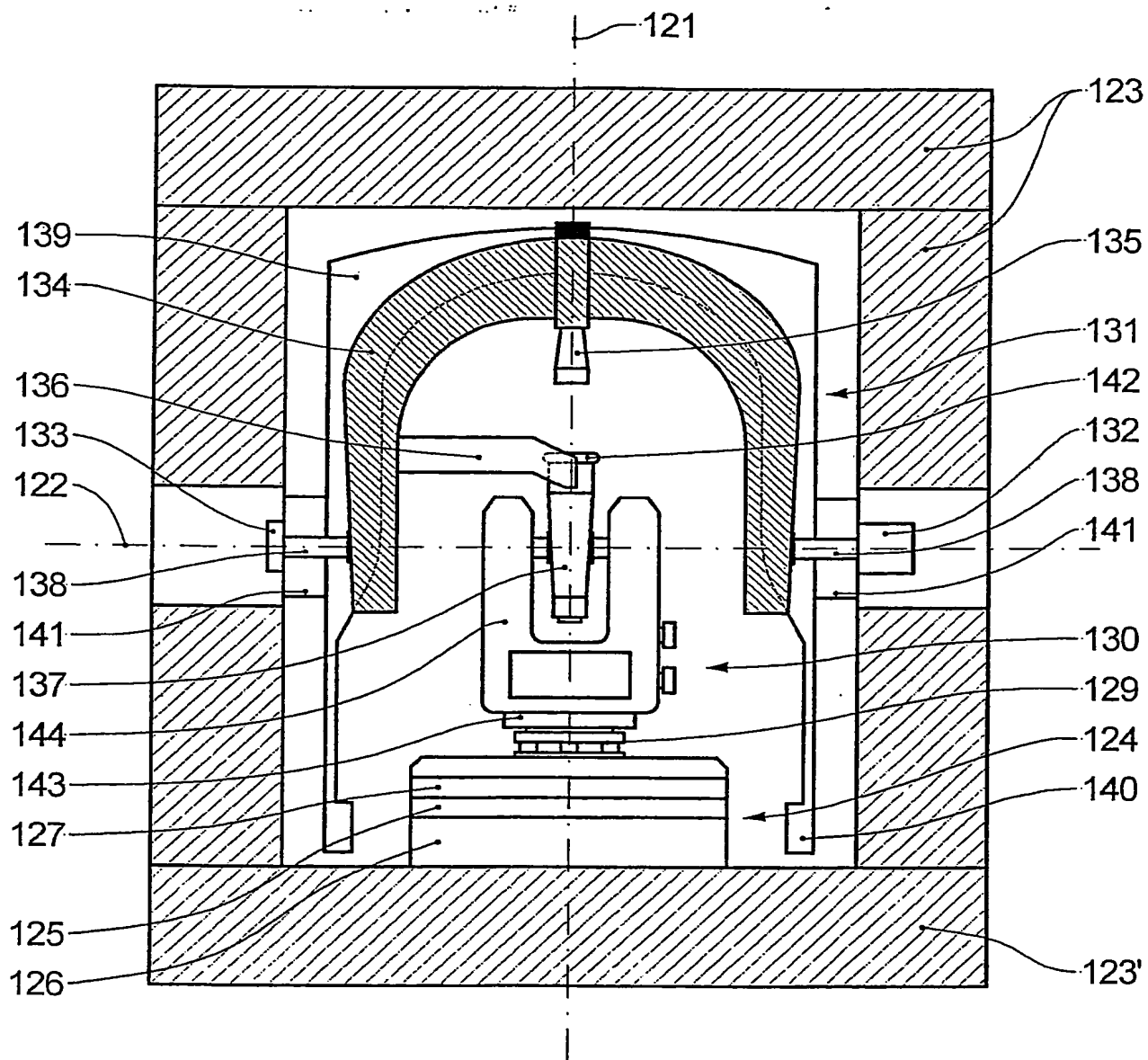


FIG. 2

3/8

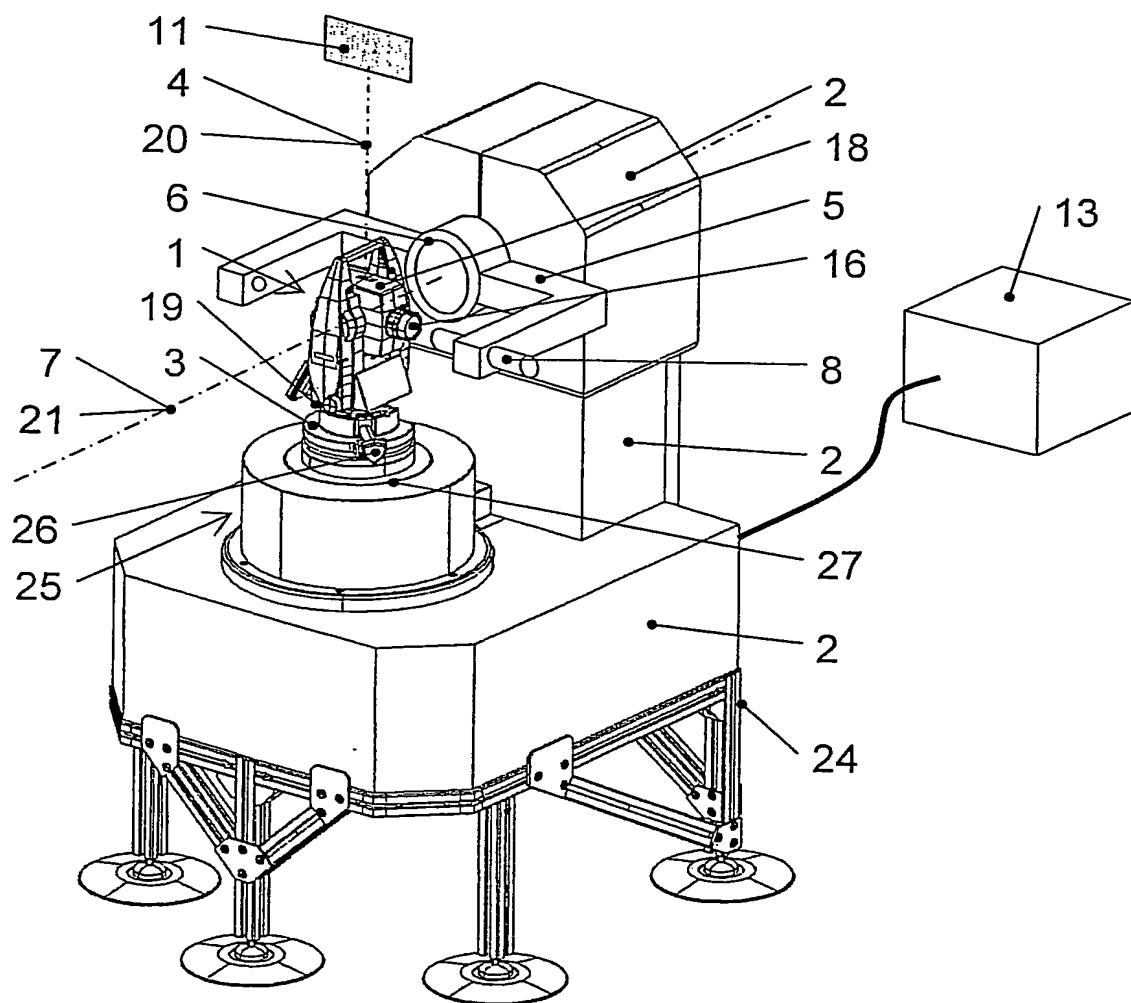


FIG. 3

4/8

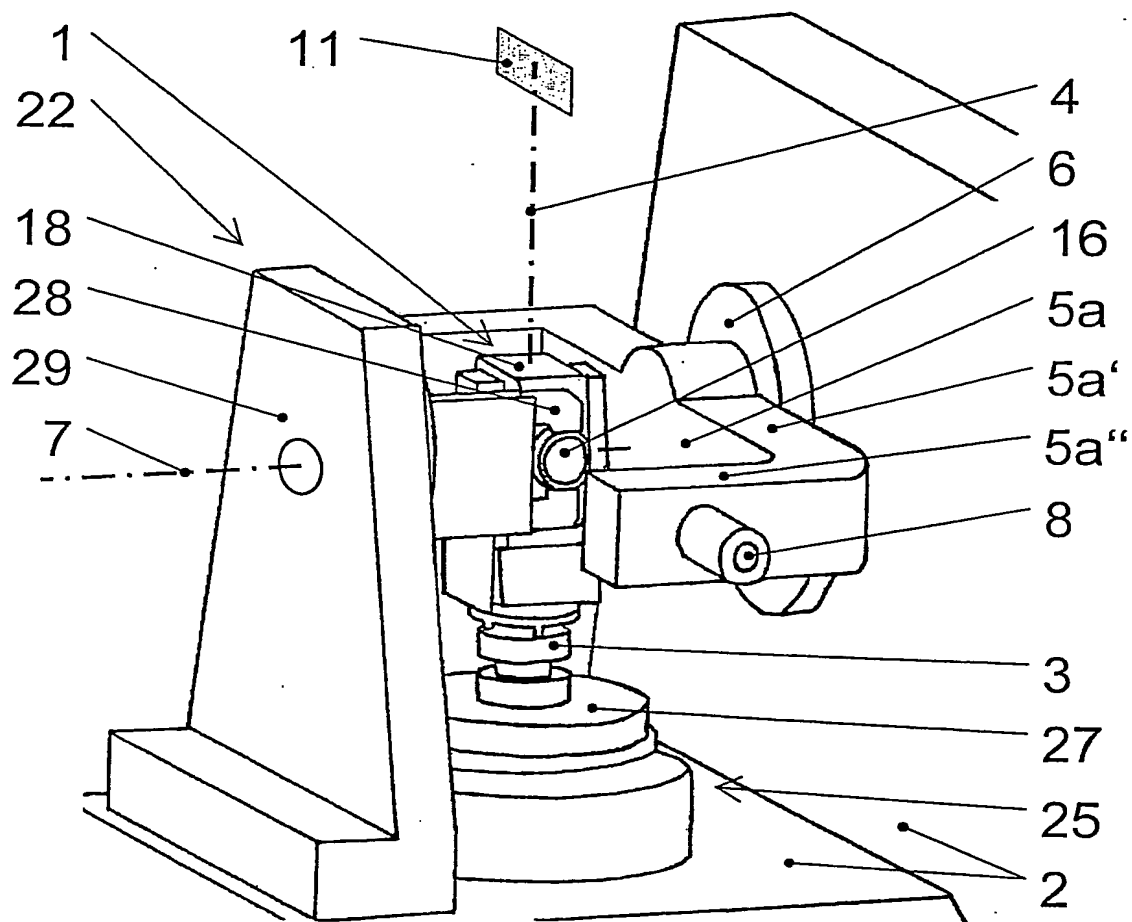


FIG. 4

5/8

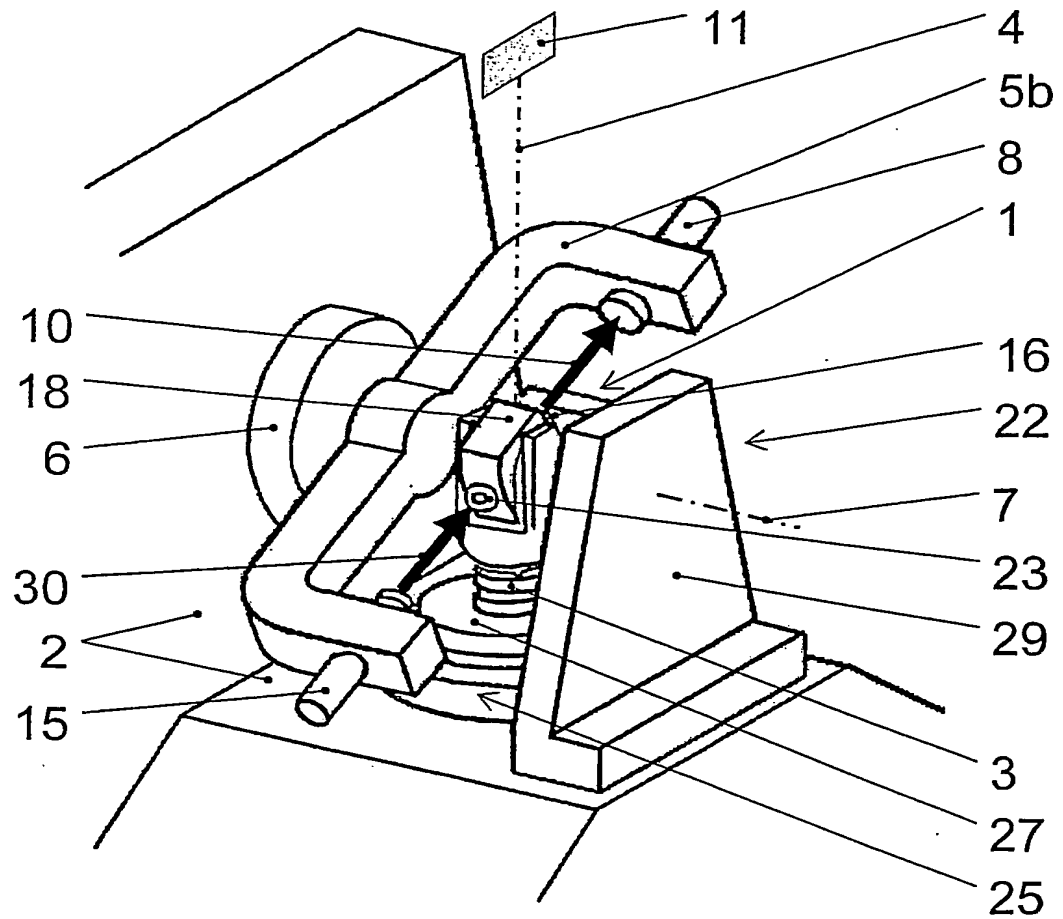


FIG. 5

6/8

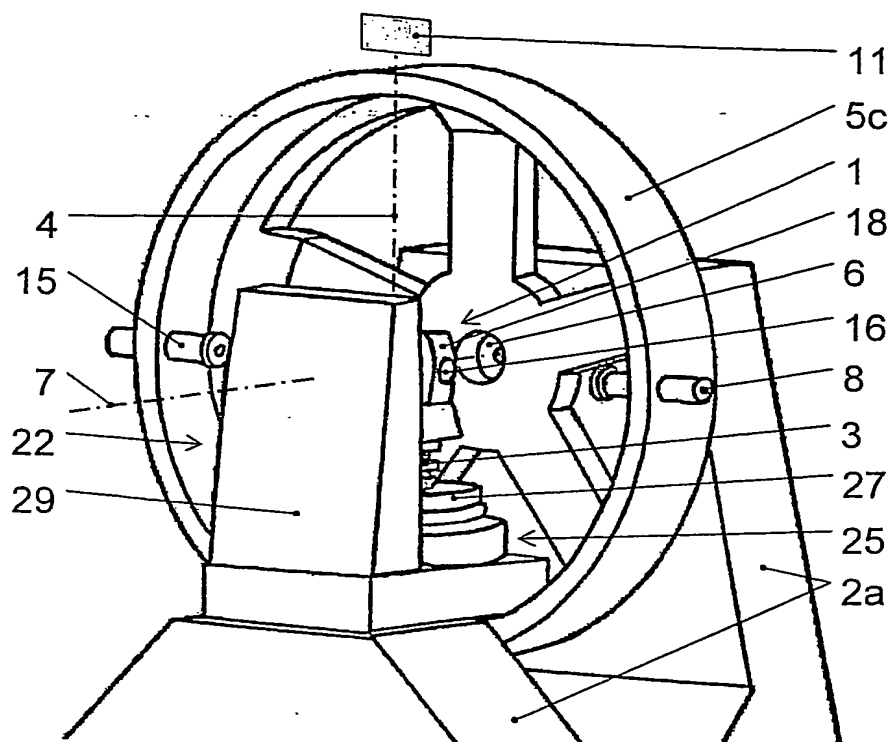


FIG. 6

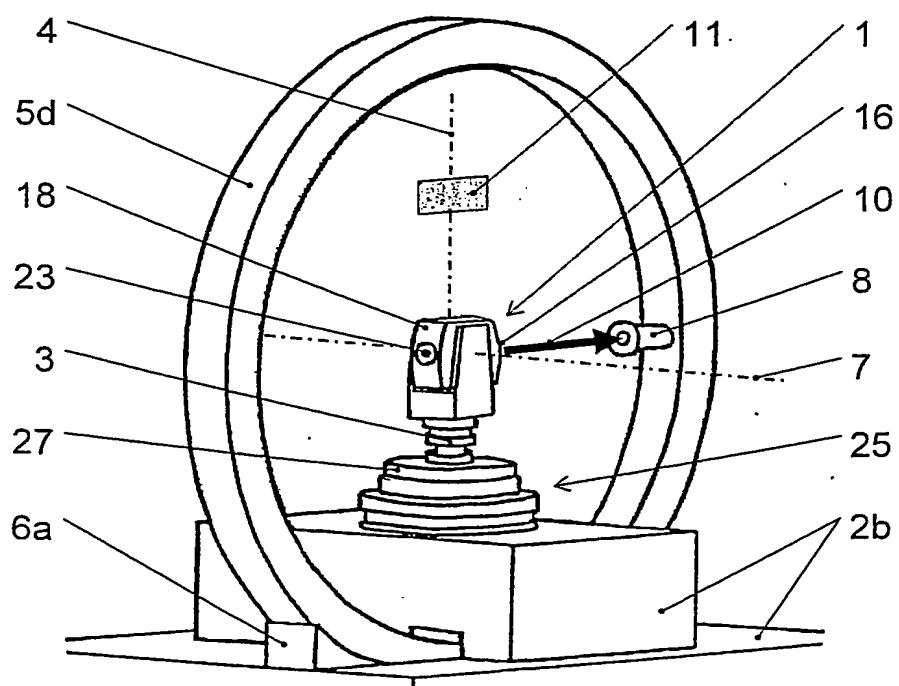
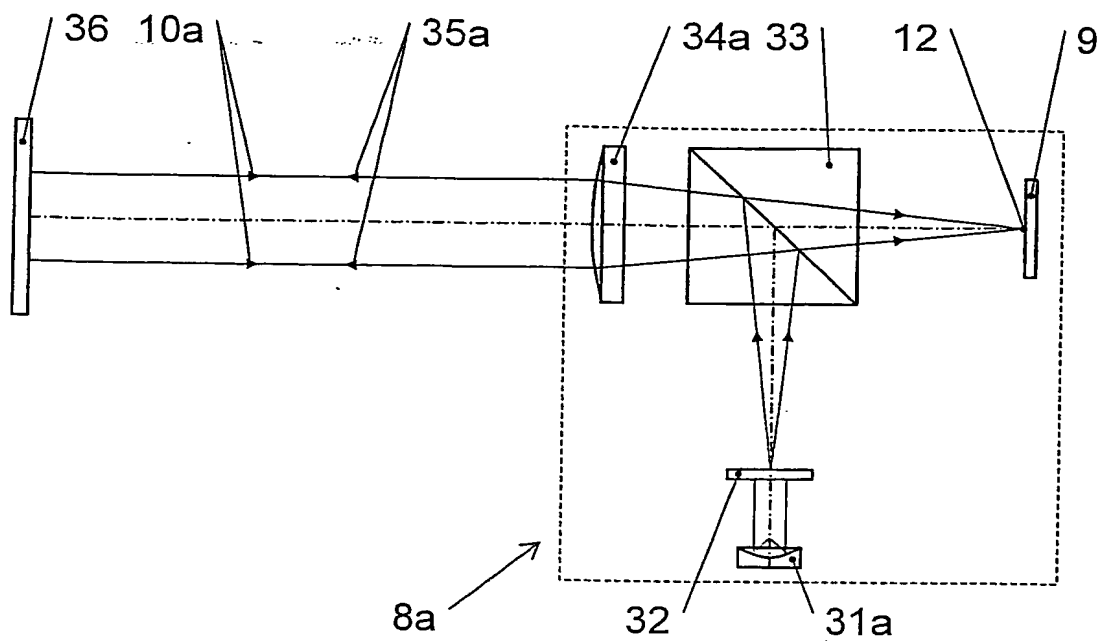
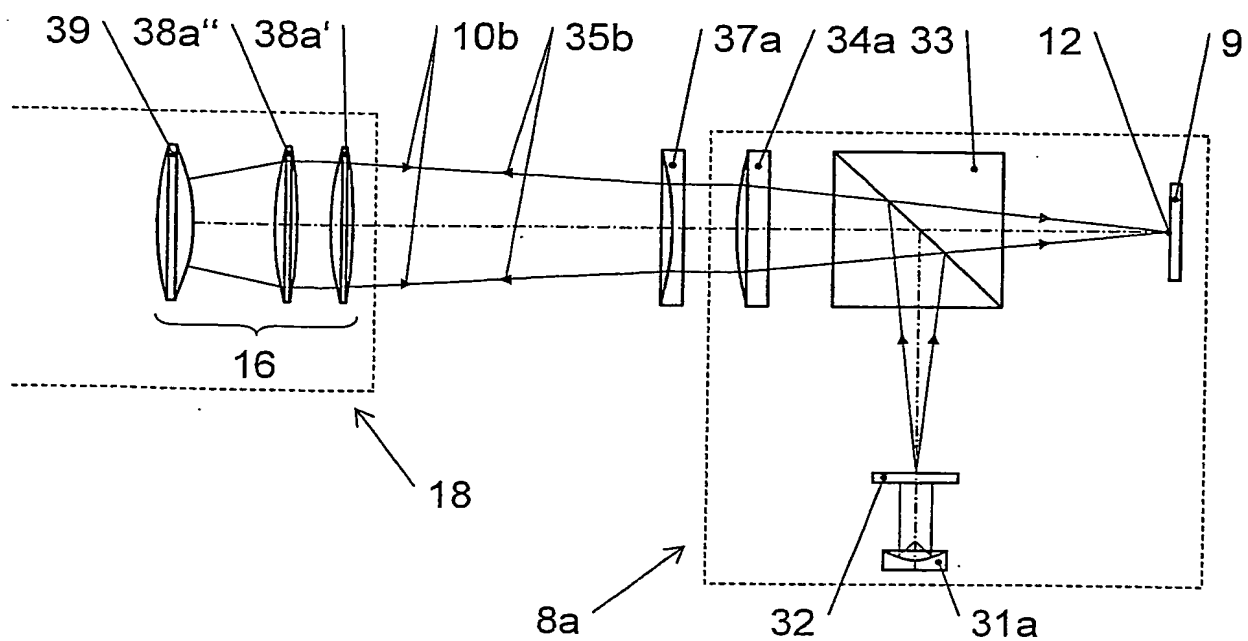


FIG. 7

7/8



**FIG. 8**



**FIG. 9**

8/8

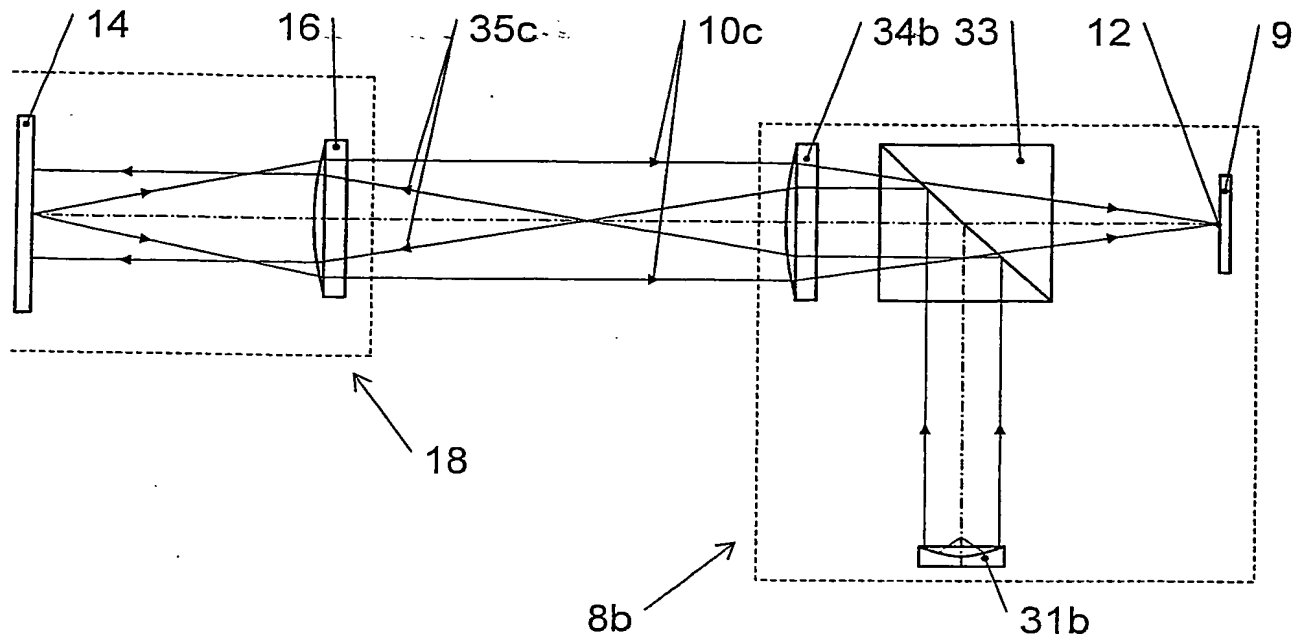


FIG. 10

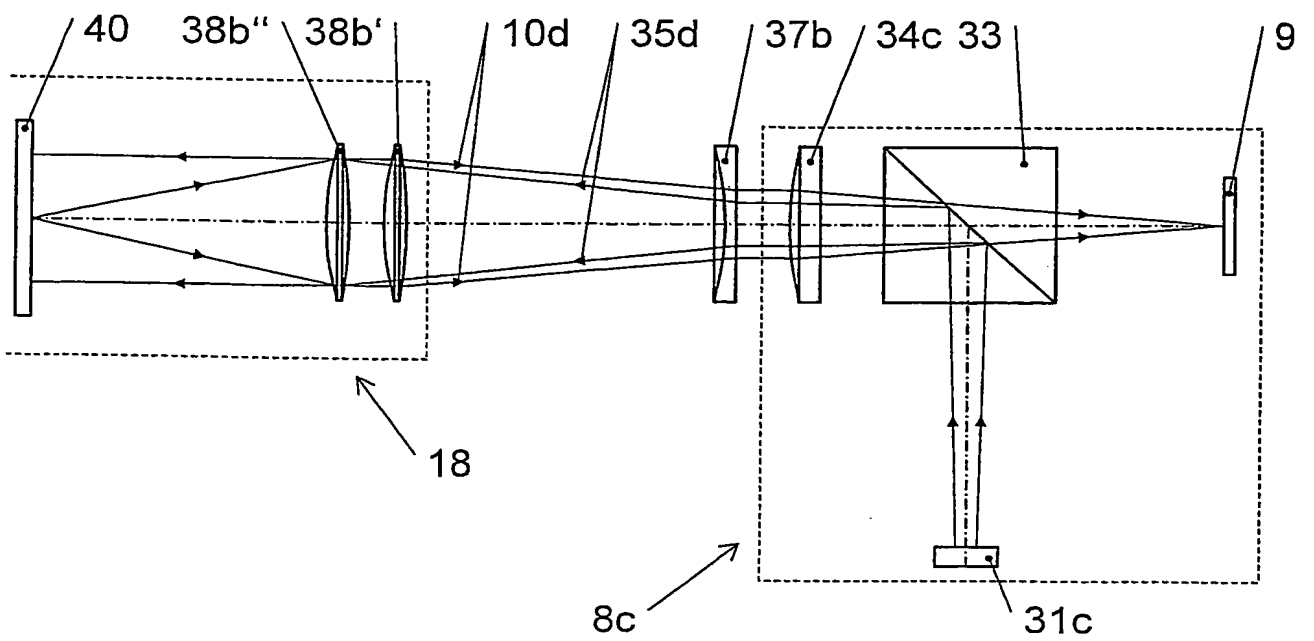


FIG. 11

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/008263

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01C1/02 G01C25/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>H. INGENSAND: "TPM- EIN NEUES GERÄT ZUR VOLLAUTOMATISCHEN PRÜFUNG VON TEILKREISEN IN ELEKTRONISCHEN THEODOLITEN", X. Internationaler Kurs für Ingenieurvermessung, München, 12-17 September 1988 cited in the application XP008038351 the whole document</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 November 2004

Date of mailing of the international search report

02/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoekstra, F

### Information on patent family members

PCT/EP2004/008263

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
SU 763682 A	15-09-1980	SU 763682 A1	15-09-1980

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008263

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01C1/02 G01C25/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	H. INGENSAND: "TPM- EIN NEUES GERÄT ZUR VOLLAUTOMATISCHEN PRÜFUNG VON TEILKREISEN IN ELEKTRONISCHEN THEODOLITEN", X. Internationaler Kurs für Ingenieurvermessung, München, 12-17 September 1988 in der Anmeldung erwähnt XP008038351 das ganze Dokument  ----- -/-	1-14

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. November 2004

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

02/12/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoekstra, F

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008263

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
SU 763682 A	15-09-1980	SU 763682 A1	15-09-1980